

Helsinki 2.6.2004

ETUOIKEUSTODISTUS
PRIORITY DOCUMENT

REC'D 24 JUN 2004

WIPO

PCT



Hakija
Applicant

ABB Oy
Helsinki

Patenttihakemus nro
Patent application no

20030732

Tekemispäivä
Filing date

15.05.2003

Kansainvälinen luokka
International class

H02H

Keksinnön nimitys
Title of invention

"Vaihevahti sekä vaihevahdin käsittävä laite"

PRIORITY DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä Patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä, patenttivaatimuksista, tiivistelmästä ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the description, claims, abstract and drawings originally filed with the Finnish Patent Office.

Marketta Tehikoski
Marketta Tehikoski
Apulaistarkastaja

Maksu 50 €
Fee 50 EUR

Maksu perustuu kauppa- ja teollisuusministeriön antamaan asetukseen 1027/2001 Patentti- ja rekisterihallituksen maksullisista suoritteista muutoksineen.

The fee is based on the Decree with amendments of the Ministry of Trade and Industry No. 1027/2001 concerning the chargeable services of the National Board of Patents and Registration of Finland.

Osoite: Arkadiankatu 6 A Puhelin: 09 6939 500
P.O.Box 1160 Telephone: + 358 9 6939 500
FIN-00101 Helsinki, FINLAND

Telefax: 09 6939 5328
Telefax: + 358 9 6939 5328

Vaihevahti sekä vaihevahdin käsittävä laite

Keksinnön kohteena on patenttivaatimuksen 1 johdannon mukainen vaihevahti sekä vaihevahdin käsittävä laite.

- 5 Tämänkaltaisia vaihevahteja käytetään monivaiheisissa jännitteensyöttöverkoissa ilmaisemaan yhden tai useamman vaiheen jännitteen katoaminen tai aleneminen.

Vaihevahti on erityisen tärkeä komponentti monissa verkkosyöttöä hyödyntävissä kokoonpanoissa. Monissa kokoonpanoissa jo yhden vaiheen jännitteen katoaminen tai merkittävä aleneminen aiheuttaa ongelmia. Ongelmia voi syntyä esimerkiksi siitä, että
10 tehonsyöttö tai syötettävä järjestelmä kuormittuvat epätasaisesti yhden vaiheen ollessa kokonaan poissa tai merkittävästi heikentyneenä. Syntyvä epäsymmetria voi myös vaikeuttaa järjestelmän ohjausta tai aiheuttaa muita häiriöitä. Ongelmia voi syntyä myös siinä vaiheessa, kun vaihejännite palaa normaaliksi.

Vaihevahtia tarvitsevista järjestelmistä voidaan mainita esimerkiksi kolmivaiheisten
15 moottoreiden, muuntajien, tasasuuntaajien ja verkkovaihtosuuntaajien tehonsyötöt. Erityisesti tasasuuntaajaratkaisuihin, joissa käytetään puoliohjattua tyristorisiltaa, on tärkeää kyetä ilmaisemaan myös lyhytaikainen verkkokatkos, jotta sillan ohjausta ei jatketa diodimoodissa verkon jännitteen jälleen palatessa. Tällaisissa ratkaisuihin nimittäin välipiirijännite voi romahtaa katkoksen aikana ja seurauksena saattaa olla
20 sulakkeiden palaminen syöttöjännitteen palatessa ja tästä aiheutuva prosessin käyttökatkos.

Vaihevahtia voidaan siis käyttää monenlaisissa teollisuussovelluksissa, laivoissa tai valtakunnallisessa sähkönsyöttöverkossa.

Keksinnön tarkoituksena on aikaansaada yksinkertainen ja edullinen vaihevahti.

- 25 Keksintö perustuu siihen, että vaihevahti varustetaan omalla ilmaisupiirillä kutakin valvottavaa vaihetta varten. Ilmaisupiirit kytketään valvottavan vaiheen ja ilmaisupiirien yhteisen kytkentäpisteen väliin, jolloin yhteinen kytkentäpiste muodostaa referenssitason. Tämä referenssitaso voi olla kelluva, jolloin se vastaa sähkönsyöttöverkon virtuaalista tähtipistettä. Referenssitaso voidaan myös kytkeä todelliseen tähtipisteeseen,

maapotentiaaliin tai johonkin muuhun sopivaan potentiaaliin. Ilmaisupiiri itsessään käsittää jännitteenjakoelimet sekä liipaisupiirin ja ilmaisimen, joille valvottava jännite syötetään alennettuna jännitteenjakoelimiltä.

5 Täsmällisemmin sanottuna keksinnön mukaiselle vaihevahdille on tunnusomaista se, mikä on esitetty patenttivaatimuksen 1 tunnusmerkkiosassa.

Keksinnön mukaiselle, monivaiheista verkkosyöttöä hyödyntävälle laitteelle on puolestaan tunnusomaista se, mikä on esitetty patenttivaatimuksen 9 tunnusmerkkiosassa.

Keksinnön avulla saavutetaan huomattavia etuja.

10 Keksinnön avulla voidaan toteuttaa yksinkertainen ja edullinen vaihevahti.

Koska ilmaisupiirit kytketään yhteiseen referenssipisteeseen, vaihevahdilla voidaan ilmaista vikatilanteen lisäksi myös se, mikä vaiheista on vikaantunut. Vaihevahti kykenee myös ilmaisemaan vikatilanteen, jossa kaikki vaiheet ovat vikaantuneet.

Keksinnöllä on myös runsaasti sovellusmuotoja, joilla saavutetaan merkittäviä lisäetuja.

15 Keksintö mahdollistaa vaihevahdin rakenteen suunnittelemisen äärimmäisen yksinkertaiseksi. Tällaisessa yksinkertaisessa sovellusmuodossa vaihevahtiin tarvitaan vain muutama diskreettikomponentti ja valmistuskustannukset jäävät erittäin pieniksi. Vaihevahti voidaan myös integroida piirilevylle ja valmistaa fyysiseltä kooltaan pieneksi.

20 Keksintö mahdollistaa myös piiriratkaisun, joka soveltuu laajalle verkkojännitealueelle. Joidenkin sovellusmuotojen mukainen piiriratkaisu soveltuu sellaisenaan koko pienjännitealueelle ja jännitemuuntajien avulla myös väli- ja suurjännitteille.

Lisätua saavutetaan myös sovellusmuodoilla, joissa jännitteenjakoelinten kondensaattoria tai kondensaattoreita käytetään energiavarastona ja sähkönsyöttö
25 liipaisupiirille ja ilmaisimelle otetaan tästä energiavarastosta. Tällaisissa sovellusmuodoissa liipaisupiiri ja ilmaisimelle eivät tarvitse apuvirtalähdettä eivätkä erillistä energiansyöttöä, vaan tarvittava energia saadaan suoraan valvottavasta sähköverkosta.

Keksintö mahdollistaa myös galvaanisen erottamisen vikainformaatiota erottavista järjestelmistä.

Keksinnön yksi mielenkiintoinen sovelluskohde on moottorinsyötössä käytettävä vaihtosuuntaaja. Tällöin vaihevahti voidaan sisällyttää laitteistokokoonpanoon ja asettaa valvomaan tasasuuntaajaan syötettävää vaihtojännitettä. Jos vaihevahdin ilmaisupiirien yhteinen kytkentäpiste yhdistetään tasasuuntaajan tasajännitepiiristä johdettavaan referenssipotentiaaliin, esimerkiksi tasajännitepiirin keskijännitteeseen (miinus- ja pluspotentiaalien keskivaiheilla oleva potentiaalitaso), vaihevahti kykenee ilmaisemaan jokaisen viallisen vaiheen toisten vaiheiden toiminnasta riippumatta.

10 Keksintöä tarkastellaan seuraavassa esimerkkien avulla ja oheisiin piirustuksiin viitaten.

Kuvio 1 esittää kaaviokuvana yhtä keksinnön mukaista vaihevahtia kytkettynä kolmivaiheiseen jännitteensyöttöön.

Kuvio 2 esittää kaaviollisesti kuvion 1 vaihevahdin ilmaisupiiriä.

Kuvio 3 kuvaa jännitevektoriesityksen toimivasta kolmivaihejärjestelmästä.

15 Kuvio 4 kuvaa jännitevektoriesityksen kolmivaihejärjestelmästä, jossa yhden vaiheen jännite on kadonnut.

Kuvio 5 esittää piirikaavion yhdestä keksinnön mukaisesta vaihevahdist.

Seuraavissa esimerkeissä kuvataan keksinnön käyttämistä kolmivaihejärjestelmissä, jotka ovat yksinkertaisimpia esimerkiksi käyviä järjestelmiä. Vastaavia periaatteita voidaan kuitenkin käyttää myös muissa monivaihejärjestelmissä ja erityisesti järjestelmissä, joissa vaihteita on kolmen monikerta ($n \times 3$ -vaiheinen järjestelmä).

25 Kuvio 1 esittää vaihevahdin 1 kolmivaiheista sähkönsyöttöverkkoa varten. Vaihevahti 1 käsittää sähkönsyöttöverkon kutakin vaihetta 2 varten oman ilmaisupiirin 3, jolla on ensimmäinen kytkentäpiste 4 ja toinen kytkentäpiste 5. Kunkin ilmaisupiirin 3 ensimmäinen kytkentäpiste 4 on yhdistetty sähköisesti ilmaisupiirin 3 valvomaan vaiheeseen 2 liitäntäpisteessä 12. Ilmaisupiirien 3 toiset kytkentäpisteet 5 on puolestaan yhdistetty ilmaisupiirien yhteiseen kytkentäpisteeseen 9, joka vastaa valvottavan sähkönsyöttöverkon tähtipistettä. Tästä syystä kytkentäpistettä 9 voidaan kutsua virtuaaliseksi tähtipisteeksi. Kuvion 1 kytkennässä kytkentäpiste 9 on kelluva, joten se

ei ole yhteydessä sähkönsyöttöverkon todelliseen tähtipisteeseen; tästä syystä sitä nimitetään virtuaaliseksi tähtipisteeksi. Kuvion 1 vaihevahti voidaan toki kytkeä myös ulkoiseen maapisteseen, tähtipisteeseen tai vastaavaan referenssisitasoon kytkentäpisteeseen 9 yhdistetyn liittimen 11 avulla.

- 5 Kuvio 2 esittää lähemmin kuvion 1 vaihevahdissa 1 käytettävää ilmaisupiiriä 3. Kuvion 2 ilmaisupiiri 3 käsittää kapasitiiviset jännitteenjakoelimet 6, jotka on kytketty ensimmäisen kytkentäpisteen 4 ja toisen kytkentäpisteen 5 väliin. Jännitteenjakoelimet 6 jakavat siis vaiheen 2 ja virtuaalisen tähtipisteen 9 välisen jännitteen (vaihejännitteen) alennetuksi jännitteeksi. Jännitteenjakoelimet 6 valmistetaan tyypillisesti kondensaattoreista, sillä kondensaattoreilla on tiettyjä hyödyllisiä ominaisuuksia. Esimerkiksi kondensaattoreiden tehonkulutus on pieni. Lisäksi kondensaattorit toimivat energia-
- 10 varastona, mikä tarjoaa erinomaisia mahdollisuuksia ilmaisupiirin 3 toiminnalle. Jännitteenjakoelimiin 6 liittyy syöttöpiste 7, johon jaettu jännite johdetaan ja jonka kautta jännitteenjakoelimiin 6 varautunutta energiaa voidaan purkaa. Ilmaisupiiriin 3 liittyy lisäksi liipaisu- ja ilmaisupiiri 8, joka on kytketty syöttöpisteen 7 ja toisen kytkentäpisteen 5 välille.

- Liipaisu- ja ilmaisupiiri 8 on piiri, joka tuottaa ilmaisupulssin, kun syöttöpisteen 7 jännite saavuttaa liipaisutason. Liipaisupiirissä voidaan hyödyntää esimerkiksi sopivaa triac- tai tyristorikytkentää. Liipaisu suunnitellaan tapahtuvaksi esimerkiksi aina silloin
- 20 kun syöttöpisteen 7 jännitteen (joka siis seuraa vaihejännitettä) itseisarvo kohoaa tietylle liipaisutasolle. Näin ollen vaihtojännitteen yhden jakson aikana liipaisu- ja ilmaisupiiri 8 tuottaa kaksi ilmaisupulssia, mikäli seurattava vaihe 2 toimii normaalisti. Ilmaisupulssi voidaan välittää piiriltä 8 eteenpäin valvontalaitteistolle (ei esitetty), joka havaitsee vikatilaa, mikäli ilmaisupulsseja ei saada määrätyn ajan kuluessa.
- 25 Periaatteessa tämä reagointiaika voi olla jopa alle vaihtojännitteen jakson pituinen, mutta useimmissa sovelluksissa hälytys tai vian ilmaisu kannattaa tehdä vasta pidemmän pulssittoman ajanjakson, esimerkiksi 1-5 sekunnin, kuluttua. Edullisessa sovellusmuodossa liipaisu- ja ilmaisupiiri 8 ottaa energiansa jännitteenjakoelimiin 6 sisältyvästä energiavarastosta. Tällainen sovellusmuoto on hyvin yksinkertainen ja
- 30 lisäksi sillä saavutetaan se huomattava etu, että vikatila ilmaistaan myös piirin 3 itse vikaantuessa. Näin ollen vaihevahdin 1 vikatilanteessa ei voida tehdä sellaista virheellistä päätelmää, että jännitteensyöttö olisi moitteeton.

Liipaisu- ja ilmaisupiirin 8 ja valvontalaitteiston välinen linkki on mahdollista suunnitella galvaanisesti erottavaksi. Tällöin ilmaisupulssi voidaan välittää esimerkiksi valo- tai äänipulssin avulla.

5 Seuraavassa kuvataan kuvioiden 3 ja 4 vektoriesitysten avulla vaihevahdin 1 toimintaa vaihevikatilanteessa. Kolmivaihejärjestelmän jännitteitä voidaan esittää kolmella vaihejännitevektorilla. Tällainen esitys on kuviossa 3. Jos jännitteensyöttöverkko on symmetrinen, jännitevektorit ovat tähtipisteen 9 suhteen itseisarvoltaan samansuuruksia ja 120 kulma-asteen päässä toisistaan.

10 Jos kuitenkin yksi vaihesyöttöistä katkeaa (esimerkissä vaihe U), jännitevektoriesitys saa kuviossa 4 esitetyn muodon. Jäljelle jääneiden kahden vaiheen 2 jännitevektorit ovat edelleen keskenään samansuuruksia, mutta niiden välillä on 180 asteen vaihesiirto eli ne ovat vastakkaisuuntaiset. Näennäinen tähtipiste 9 on siirtynyt vektoreiden kärkien välisen suoran keskikohtaan.

15 Kun vaihe U on poikki, vaiheen U jännitettä vastaavan vektorin pituus on nolla ja koko vektori sijaitsee edellä mainitussa näennäisessä tähtipisteessä 9, koska kyseisen vaiheen 2 jännitteenjakaja 6 on vaihevahdissa 1 yhdistetty yhteiseen tähtipisteeseen 9. Tällöin vikaantunutta vaihetta vastaavan jännitteenjakajan 6 yli ei vaikuta minkäänlaista jännitettä. Tästä syystä vaiheen U liipaisu- ja ilmaisupiiri 8 ei anna ilmaisupulssia.

20 Kuviossa 5 on esitetty yksi erittäin yksinkertainen kytkentä, jolla voidaan toteuttaa kuvioiden 1 ja 2 esittämä vaihevahti. Kuvion 5 esittämässä kytkennässä kukin tarkkailtavista vaiheista U, V ja W on kytketty yhteistä virtuaalista tähtipistettä 9 vastaan vastuksen R1 ja kondensaattoreiden C1 ja C2 muodostamalla jännitteenjakajalla (jännitteenjakoelimet 6). Kondensaattorin C2 yli vaikuttaa jännite, jonka suuruus riippuu komponenttiarvoista, vaihejännitteestä ja verkkotaajuudesta.

25 Kondensaattorin C2 yli vaikuttava jännite johdetaan vastuksen R2 ja zenerdiodien V1 ja V2 kautta triacin V3 hilalle (liipaisu- ja ilmaisupiiri 8). Kun jännite ylittää zenerjännitteen, triacille alkaa kulkea hilavirtaa, jolloin se liipaistuu johtavaan tilaan. Kondensaattori C2 purkautuu nyt vastuksen R2, sillan V4, optolinkin V5 ledin ja triacin V3 kautta, jolloin syntyy virtapulssi. Pulssin amplitudi ja kesto riippuu vastuksen R2 ja
30 kondensaattorin C2 arvoista.

Kondensaattorin C2 energia purkautuu siis optolinkin ledin kautta, jolloin ledin valo saa optolinkin vastaanottimen hetkeksi johtavaan tilaan. Tämä tila ilmaistaan sopivalla tavalla, esimerkiksi generoimalla keskeytyspyyntö mikrokontrollerille.

5 Kuvion 5 kytkennässä vastuksen R1 tehtävänä on rajoittaa kondensaattoreiden C1 ja C2 kautta kulkevaa syöksyvirtaa kytkettäessä laitetta päälle sekä tapauksissa, joissa verkkojännitteessä on nopeasti nousevia ja laskevia jännitepiikkien tai kolojen jännitereunoja. Kolmivaihesyöttösovelluksissa vastuksen R1 resistanssi on tyypillisesti kilo-ohmin luokkaa ja sen tulee kestää vähintään parin watin teho.

10 Kondensaattorin C2 yli vaikuttava jännite voidaan valita vapaasti muuttamalla jännitteenjakajakomponenttien C1 ja C2 arvoja. Resistanssin R1 vaikutus jännitteen jakosuhteeseen on käytännössä merkityksetön. Kondensaattoreiden kapasitanssitaso voidaan valita sellaiseksi, että piirin kautta kulkeva rms-virta (tehollinen virta, root mean square) suurimmalla käytettävällä verkkojännitteellä ja –taajuudella on noin 10-15 mA. Jos siis käytössä oleva verkko(pää)jännite on 600 voltia 60 hertsin taajuudella, tai
15 690 voltia 50 hertsin taajuudella, jännitteenjakajan kokonaiskapasitanssin voi olla suuruudeltaan luokkaa 100 nF.

Triacin V3 liipaisutason määäävien zenerdiodien V1 ja V2 arvoksi valitaan tyypillisesti noin 15 voltia, jolloin ledin virtaa rajoittavan vastuksen R2 arvo voi olla esimerkiksi 470 ohmia. R2 siis suojaa lediä ylivirralla ja toisaalta hidastaan kondensaattorin C2
20 purkautumista pidentäen näin ledistä saatavaa valopulssia. Kun tässä yhteydessä käytettävän pienen triacin liipaisuvirta on muutaman milliampeerin luokkaa, kondensaattorin C2 yli vaikuttavan huippujännitteen tarvitsee olla ainoastaan hieman zenerjännitettä suurempi, jotta triac V3 liipaihtuu.

25 Liipaisujännite asetellaan jännitteenjaon avulla vastaamaan sitä verkkojännitetasoa, jolla puuttuvan vaiheen ilmaisu halutaan tapahtuvan. Jos siis halutaan vaihevahdin toimivan nimellijännitealueella 400-690 voltia, sopiva vaiheen puuttumisen ilmaisu tasoi voisi olla esimerkiksi 280 voltia. Vaihevahdin näkemä vaihejännitetaso on 160 voltia_{rms} eli huippuarvona noin 225 voltia, joten jännitteenjakosuhteeksi tulee 15 voltin zenerdiodeilla noin 15. Tämä saadaan tarpeeksi tarkasti aikaan välitsemällä
30 kondensaattorin C1 arvoksi 100 nF ja kondensaattorin C2 arvoksi 1,5 μ F

(mikrofaradia). Kondensaattorin C1 tulee kestää koko verkkojännite, kun taas kondensaattorin C2 jännitteenkestoksi riittää esimerkiksi 25 voltia.

Ilmaisutasolla ja 50 hertsin vaihtojännitteellä jännitteenjakajan kautta kulkee noin kuuden milliampeerin huippuvirta, mikä riittää mainiosta triacin liipaisuun.

- 5 Edellä esitettyjä sovellusmuotoja ei ole tarkoitettu rajoittamaan patenttisuojaa, vaan keksinnön puitteissa voidaan ajatella myös yllä kuvatuista sovellusmuodoista poikkeavia ratkaisuja.

Patenttivaatimukset:

1. Vaihevahti (1) monivaiheista sähkönsyöttöverkkoa varten, t u n n e t t u siitä, että se käsittää kutakin vaihetta (2) varten ilmaisupiirin (3), jolla on ensimmäinen kytkeänpiste (4) valvottavaan vaiheeseen (2) kytkemistä varten sekä toinen kytkeänpiste (5), ja että kukin ilmaisupiiri (3) käsittää
 - jännitteenjakoelimet (6) ensimmäisen (4) ja toisen (5) kytkeänpisteen välillä jännitteen jakamiseksi ja alennetun jännitteen syöttämiseksi syöttöpisteeseen (7), ja
 - liipaisu- ja ilmaisupiirin (8) kytkettynä alennetun jännitteen syöttöpisteen (7) ja toisen kytkeänpisteen (5) välille, joka piiri (8) on sovitettu tuottamaan ilmaisupulssi alennetun jännitteen saavuttaessa liipaisutason,
 ja jossa kunkin ilmaisupiirin (3) toinen kytkeänpiste (5) on yhdistetty ilmaisupiirien yhteiseen kytkeänpisteeseen (9).
2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen vaihevahti, t u n n e t t u siitä, että jännitteenjakoelimet (6) sisältävät ainakin kaksi kapasitiivista elementtiä (C1, C2), jotka osallistuvat jännitteen jakamiseen ja joista ainakin yksi (C2) on sovitettu varaamaan energiaa ja purkamaan varaamaansa energiaa liipaisu- ja ilmaisupiirin (8) kautta.
3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen vaihevahti, t u n n e t t u siitä, että vaihevahti käsittää resistiivisen elementin kapasitiivisten elementtien (C1, C2) ensimmäisen kytkeänpisteen (4) välissä.
4. Jonkin patenttivaatimuksen 1 - 3 mukainen vaihevahti, t u n n e t t u siitä, että liipaisu- ja ilmaisupiirin (8) toimintaenergia otetaan jännitteenjakoelimiltä (6).

5. Jonkin patenttivaatimuksen 1 - 4 mukainen vaihevahti, t u n n e t t u siitä, että liipaisu- ja ilmaisupiiri (8) käsittää liipaistavan piirielementin (V1, V2, V3), joka liipaistuu johtavaan tilaan ohjausjännitteen noustessa tietylle liipaisutasolle.

5 6. Jonkin patenttivaatimuksen 1 - 5 mukainen vaihevahti, t u n n e t t u siitä, että liipaisu- ja ilmaisupiiri (8) käsittää tasasuuntaajan (V4).

7. Jonkin patenttivaatimuksen 1 - 6 mukainen vaihevahti, t u n n e t t u siitä, että liipaisu- ja ilmaisupiiri (8) käsittää optolinkin (V5).

10

8. Jonkin patenttivaatimuksen 1 - 7 mukainen vaihevahti, t u n n e t t u siitä, että se on sovitettu käytettäväksi kolmivaiheverkossa, jolloin vaihevahti sisältää tasan kolme ilmaisupiiriä (3).

15

9. Monivaiheista verkkosyöttöä hyödyntävä laite, t u n n e t t u siitä, että se käsittää jonkin patenttivaatimuksen 1 - 8 mukaisen vaihevahdin (1).

20

10. Patenttivaatimuksen 9 mukainen laite, t u n n e t t u siitä, että se on tasasuuntaaja ja että vaihevahdin (1) ilmaisupiirien yhteinen kytkentäpiste (9) on yhdistetty tasasuuntaajan tasajännitepiiristä johdettavaan referenssipotentiaaliin.

(57) Tiivistelmä:

Tässä julkaisussa on kuvattu vaihevahti (1) monivaiheista sähkönsyöttöverkkoa varten. Vaihevahti (1) käsittää kutakin vaihetta (2) varten ilmaisupiirin (3), jolla on ensimmäinen kytkentäpiste (4) valvottavaan vaiheeseen (2) kytkemistä varten sekä toinen kytkentäpiste (5), joka on yhdistetty ilmaisupiirien yhteiseen kytkentäpisteeseen (9). Ilmaisupiirit (3) puolestaan käsittävät kapasitiiviset jännitteenjakoelimet, jotka on sijoitettu ensimmäisen (4) ja toisen (5) kytkentäpisteen väliin ja joiden avulla jännite jaetaan ja syötetään alennettuna liipaisu- ja ilmaisupiirille, joka on sovitettu tuottamaan ilmaisupulssi alennetun jännitteen saavuttaessa liipaisutason.

(Kuvio 1)

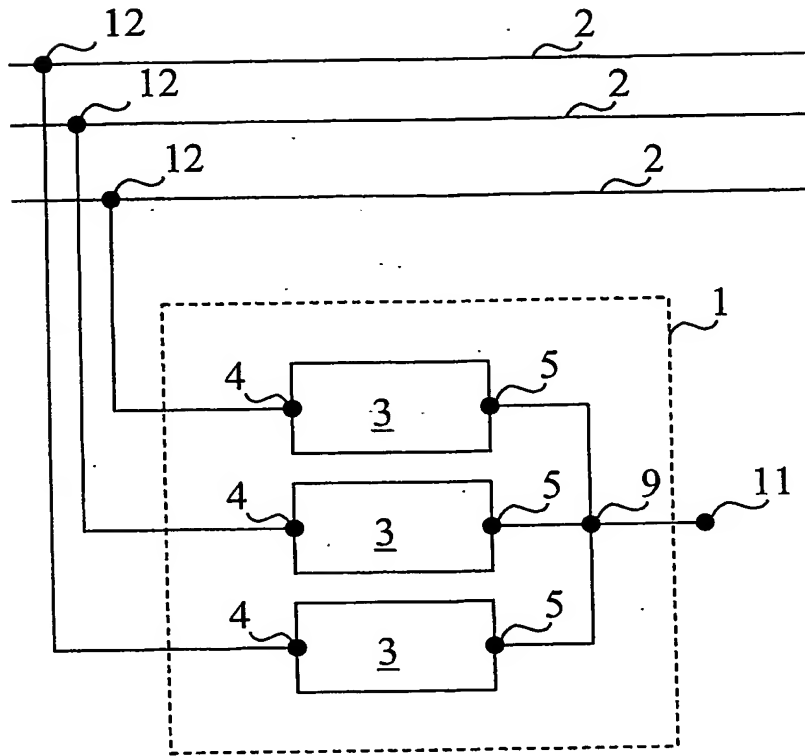


Fig. 1

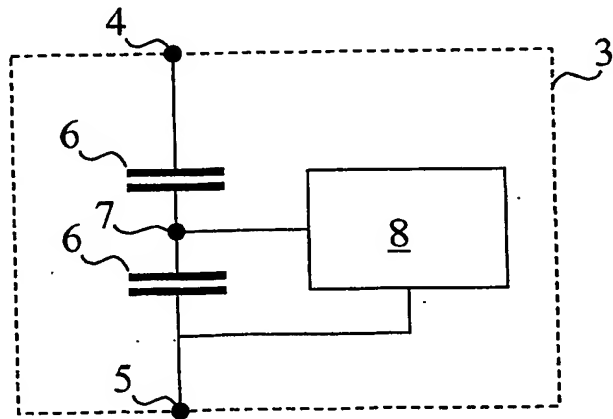
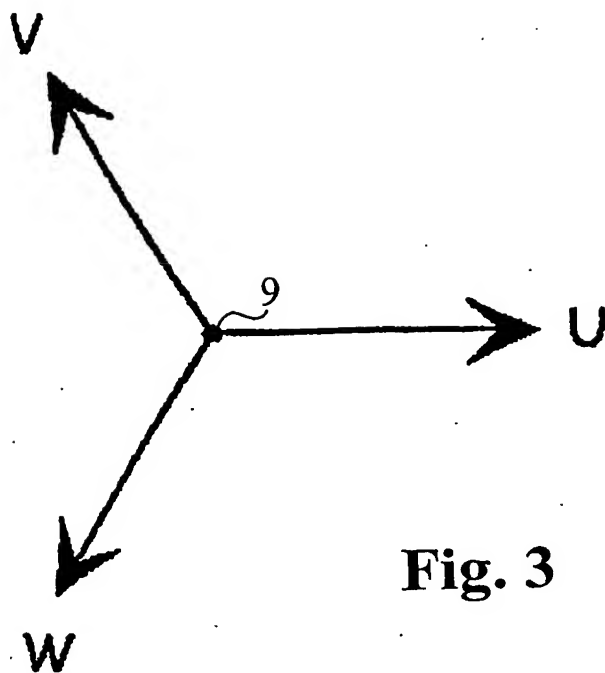
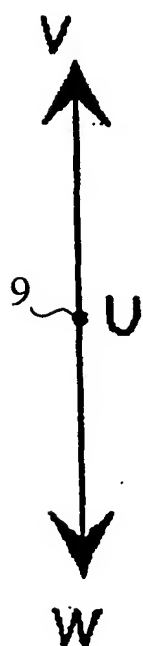


Fig. 2

L4

**Fig. 3****Fig. 4**

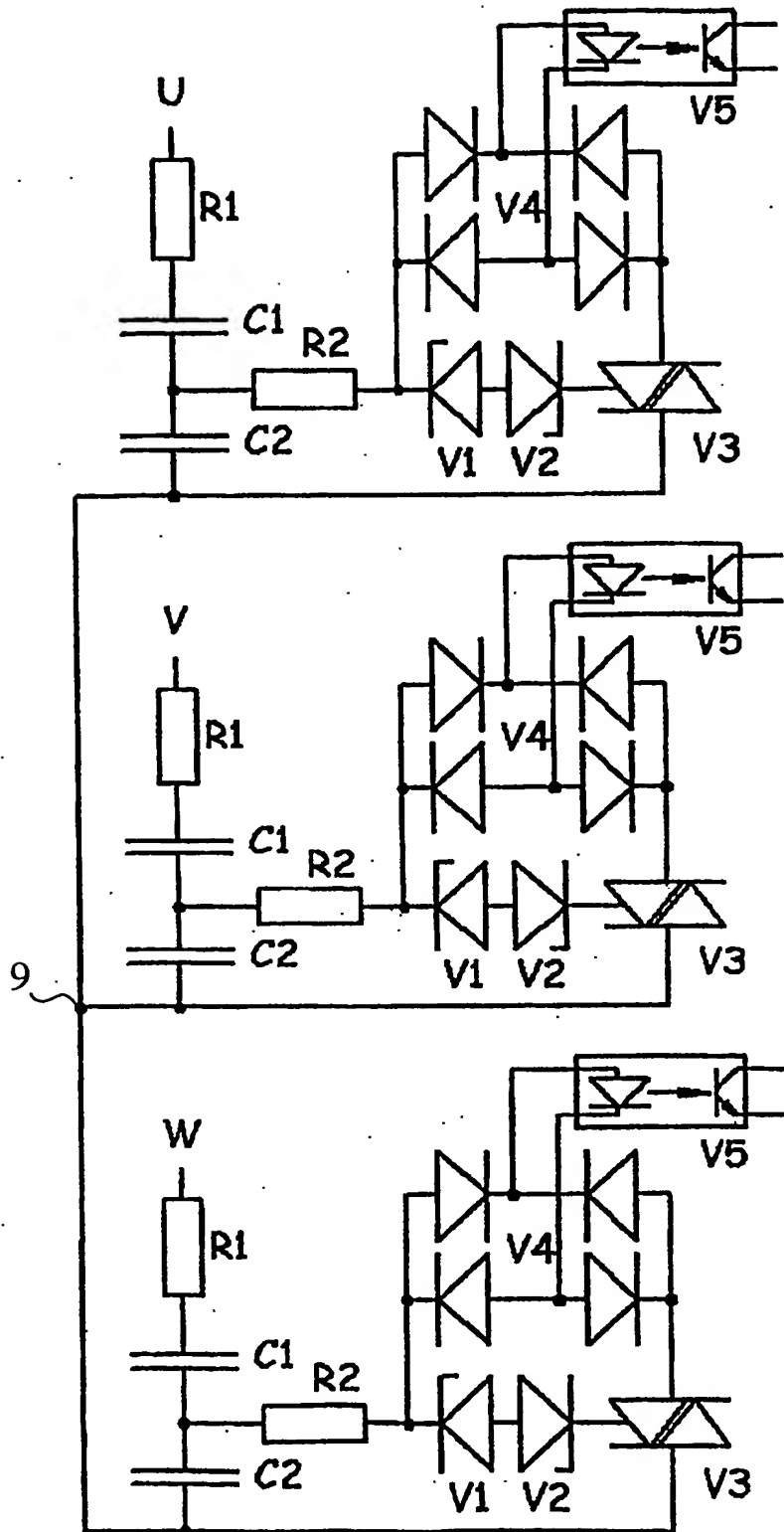


Fig. 5